

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2004029229 A**

(43) Date of publication of application: **29.01.04**

(51) Int. Cl.

**G02B 5/00**  
**G02B 6/42**  
**G02B 19/00**

(21) Application number: **2002183030**

(71) Applicant: **NEC CORP**

(22) Date of filing: **24.06.02**

(72) Inventor: **MORITA HIROYUKI**

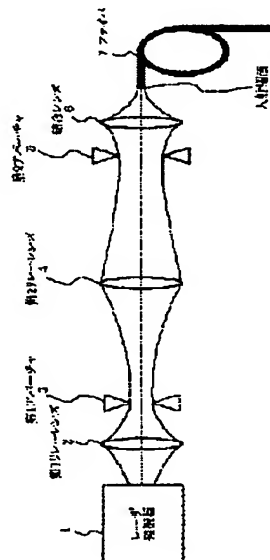
(54) **FIBER JOINT OPTICAL SYSTEM**

COPYRIGHT: (C)2004,JPO

(57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To realize a fiber joint optical system whose reliability is excellent and which is highly stable by arranging an aperture.

**SOLUTION:** The fiber joint optical system is constituted by longitudinally successively connecting a laser oscillator 1, a first relay lens 2, a first aperture 3, a second relay lens 4, a second aperture 5, a joint lens 6 and a fiber 7. The first aperture 3 is arranged at a position where an image on the incident end plane of the fiber 7 is formed by the joint lens 6 and the second relay lens 4 and that is between the first relay lens 2 and the second relay lens 4, so that the condensing size of a laser beam made incident on the fiber 7 is restricted. The second aperture 5 is arranged at a position between the second relay lens 4 and the joint lens 6, and restricts the size of a laser beam from the second relay lens 4 and also restricts the converging angle of the laser beam made incident on the fiber 7. The first aperture 3 and the second aperture 5 are constituted of a transparent material whose absorption is reduced and that has heat resistance or glass.



(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-29229

(P2004-29229A)

(43) 公開日 平成16年1月29日(2004.1.29)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

G02B 5/00  
G02B 6/42  
G02B 19/00

F I

G02B 5/00  
G02B 6/42  
G02B 19/00

テーマコード(参考)

2H037  
2H042  
2H052

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2002-183030(P2002-183030)  
(22) 出願日 平成14年6月24日(2002.6.24)

(71) 出願人 000004237  
日本電気株式会社  
東京都港区芝五丁目7番1号  
(74) 代理人 100109313  
弁理士 机 昌彦  
(74) 代理人 100111637  
弁理士 谷澤 靖久  
(74) 代理人 100085268  
弁理士 河合 信明  
(72) 発明者 森田 浩之  
東京都港区芝五丁目7番1号  
日本電気株式会社内  
Fターム(参考) 2H037 BA03 CA00 CA20 CA21  
2H042 AA08 AA13 AA14 AA18 AA20  
AA21  
2H052 BA02 BA07 BA11

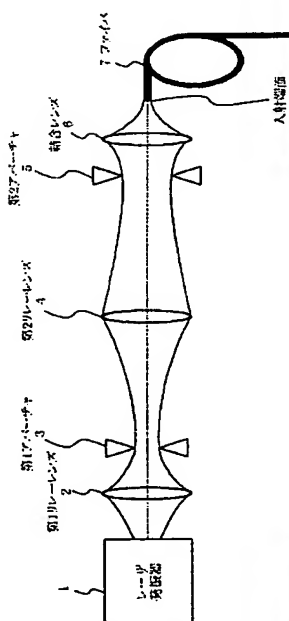
(54) 【発明の名称】 ファイバ結合光学システム

(57) 【要約】

【課題】 アパーチャの配置で高信頼、高安定なファイバ結合光学システムの実現

【解決手段】 ファイバ結合光学システムは、レーザ発振器1と、第1リレーレンズ2と、第1アパーチャ3と、第2リレーレンズ4と、第2アパーチャ5と、結合レンズ6と、ファイバ7と、が縦続に接続されて構成される。第1アパーチャ3は、ファイバ7の入射端面での像が結合レンズ6と第2リレーレンズ4とにより結像される位置で、且つ、第1リレーレンズ2と第2リレーレンズ4間の位置に配置され、ファイバ7に入射するレーザビームの集光径を制限する。第2アパーチャ5は、第2リレーレンズ4と結合レンズ6間の位置に配置され、第2リレーレンズ4からのレーザビームの径を制限し、ファイバ7に入射するレーザビームの集束角度を制限する。第1アパーチャ3と第2アパーチャ5は、吸収が少なく耐熱性を有する透明材料、あるいはガラスで構成される。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

レーザ発振器と、ファイバと、前記ファイバの直前に位置し、前記レーザ発振器からのレーザビームを前記ファイバに直接に結像する結合レンズを有して構成されるファイバ結合光学システムにおいて、

前記ファイバの入射端面での像が、前記結合レンズを介して、結像される位置に配置される第1アパーチャを有することを特徴とするファイバ結合光学システム。

## 【請求項2】

前記結合レンズの、前記ファイバが配置されている位置と反対側の位置に配置される第2アパーチャをさらに有することを特徴とする請求項1記載ファイバ結合光学システム。

## 【請求項3】

レーザ発振器と、ファイバと、前記ファイバの直前に位置し、前記レーザ発振器からのレーザビームを前記ファイバに直接に結像する結合レンズと、前記レーザ発振器からのレーザビームを前記結合レンズに接続する1個以上のリレーレンズとを有して構成されるファイバ結合光学システムにおいて、前記ファイバの入射端面での像が、前記結合レンズと前記リレーレンズを介して、結像される位置に配置される第1アパーチャと、前記結合レンズの、前記ファイバが配置されている位置と反対側の位置に配置される第2アパーチャと、を有することを特徴とするファイバ結合光学システム。

## 【請求項4】

前記第1アパーチャは、前記ファイバの入射端面でのレーザビームの収束径が、前記ファイバのコア径より小さくなるような開口径の開口を有することを特徴とする請求項1、3うちのいずれか1項記載のファイバ結合光学システム。

## 【請求項5】

前記第2アパーチャは、前記ファイバの入射端面でのレーザビームの収束角度が、前記ファイバのNA (Numerical Aperture) より小さくなるような開口径の開口を有することを特徴とする請求項2、3うちのいずれか1項記載のファイバ結合光学システム。

## 【請求項6】

レーザ発振器と、第1リレーレンズと、第2リレーレンズと、結合レンズと、ファイバと、が縦続に接続されて構成されるファイバ結合光学システムであって、ファイバの入射端面での像が、前記結合レンズと前記第2リレーレンズとを介して結像される位置で、且つ、前記第1リレーレンズと前記第2リレーレンズ間の位置に配置され、前記ファイバの入射端面でのレーザビームの収束径が、前記ファイバのコア径より小さくなるような開口径を備える開口を有する第1アパーチャと、前記第2リレーレンズと前記結合レンズ間の位置に配置され、前記ファイバの入射端面でのレーザビームの収束角度が、前記ファイバのNA (Numerical Aperture) より小さくなるような開口径の開口を有する第2アパーチャと、を有することを特徴とするファイバ結合光学システム。

## 【請求項7】

前記第1アパーチャと第2アパーチャは、ガラスで構成されることを特徴とする請求項1、2、3、4、5、6のうちのいずれか1項記載のファイバ結合光学システム。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

## 【発明の属する技術分野】

本発明は、高出力レーザをファイバに結合する光学システムに関する。

## 【0002】

## 【従来の技術】

一般にレーザ発振器の出力は励起強度や光学フィルタなどによって調整される。特にYAGレーザに代表される固体レーザ発振器では熱レンズ効果の影響などで、ビームパラメータや出射方向が変化する場合があるが、従来のファイバ結合光学システムでは、この

変化から生じる、レーザのファイバへの非結合量は、非常に微小でありこの影響を考慮する事はなかった。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

近年、YAGレーザ発振器に代表される固体レーザ発振器では、結晶の大型化とLD（半導体レーザ）励起による高効率な励起手法、そして、MOPA（Master Oscillation Parametric Amplifier）方式による多段結合方式の採用により、著しい高輝度化と高出力化が進んできている。

【0004】

このため、出力変化に伴うビームパラメータや出射方向の変化により、レーザのファイバへの微小な非結合に伴う損失が、多くの場合、発熱源としてふるまう。そして、この損失による発熱源が、光ファイバもしくはコネクタを破損し、ファイバ結合光学システムの信頼性を損なうという課題を有する。

【0005】

本発明の目的は、従来のこのような課題を解決し、ファイバ入射条件を満足しつつ、アパーチャを効果的に且つ適切に配置することで、高信頼かつ安定度の高いファイバ結合光学システムを提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】

本発明のファイバ結合光学システムは、レーザ発振器と、ファイバと、前記ファイバの直前に位置し、前記レーザ発振器からのレーザビームを前記ファイバに直接に結像する結合レンズを有して構成されるファイバ結合光学システムにおいて、前記ファイバの入射端面での像が、前記結合レンズを介して、結像される位置に配置される第1アパーチャを有することを特徴とする。

【0007】

また、本発明のファイバ結合光学システムは、前記結合レンズの、前記ファイバが配置されている位置と反対側の位置に配置される第2アパーチャをさらに有することを特徴とする。

【0008】

さらに、本発明のファイバ結合光学システムは、レーザ発振器と、ファイバと、前記ファイバの直前に位置し、前記レーザ発振器からのレーザビームを前記ファイバに直接に結像する結合レンズと、前記レーザ発振器からのレーザビームを前記結合レンズに接続する1個以上のリレーレンズとを有して構成されるファイバ結合光学システムにおいて、前記ファイバの入射端面での像が、前記結合レンズと前記リレーレンズを介して、結像される位置に配置される第1アパーチャと、前記結合レンズの、前記ファイバが配置されている位置と反対側の位置に配置される第2アパーチャと、を有することを特徴とする。

【0009】

また、本発明のファイバ結合光学システムは、前記第1アパーチャは、前記ファイバの入射端面でのレーザビームの収束径が、前記ファイバのコア径より小さくなるような開口径の開口を有することを特徴とする。

【0010】

さらに、本発明のファイバ結合光学システムは、前記第2アパーチャは、前記ファイバの入射端面でのレーザビームの収束角度が、前記ファイバのNA（Numerical Aperture）より小さくなるような開口径の開口を有することを特徴とする。

【0011】

また、本発明のファイバ結合光学システムは、レーザ発振器と、第1リレーレンズと、第2リレーレンズと、結合レンズと、ファイバと、が縦続に接続されて構成されるファイバ結合光学システムであって、ファイバの入射端面での像が、前記結合レンズと前記第2リレーレンズとを介して結像される位置で、且つ、前記第1リレーレンズと前記第2リレーレンズ間の位置に配置され、

前記ファイバの入射端面でのレーザビームの収束径が、前記ファイバのコア径より小さくなるような開口径を備える開口を有する第1アパーチャと、  
前記第2リレーレンズと前記結合レンズ間の位置に配置され、前記ファイバの入射端面でのレーザビームの収束角度が、前記ファイバのNA (Numerical Aperture) より小さくなるような開口径の開口を有する第2アパーチャと、を有することを特徴とする。

【0012】

さらに、本発明のファイバ結合光学システムは、前記第1アパーチャと第2アパーチャは、ガラスで構成されることを特徴とする。

【0013】

【発明の実施の形態】

次に、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

【0014】

図1は、本発明の実施形態によるファイバ結合光学システムの構成ブロック図である。

【0015】

図1を参照して、本発明のファイバ結合光学システムは、レーザ発振器1と、第1リレーレンズ2と、第1アパーチャ3と、第2リレーレンズ4と、第2アパーチャ5と、結合レンズ6と、ファイバ7と、が縦続に接続されて構成される。

【0016】

レーザ発振器1は、高出力レーザ光を発振するレーザ発振器で、例えば、YAGレーザ発振器に代表される固体レーザ発振器である。

【0017】

第1リレーレンズ2は、レーザ発振器1から出射されるレーザ光を、第1アパーチャ3に接続するためのレンズである。

【0018】

第1アパーチャ3は、ファイバ7の入射端面での像が結合レンズ6と第2リレーレンズ4とにより結像される位置で、且つ、第1リレーレンズ2と第2リレーレンズ4間の位置に配置され、ファイバ7に入射するレーザビームの集光径を制限する。そして、第1アパーチャ3は、吸収が少なく耐熱性を有する透明材料に、例えば、ガラスに、レーザビームの径を制限するための開口半径R1の開口が設けられている。

【0019】

第2リレーレンズ4は、第1アパーチャ3により径が制限されたレーザビームを、第2アパーチャ5に入射する。

【0020】

第2アパーチャ5は、第2リレーレンズ4と結合レンズ6間の位置に配置され、第2リレーレンズ4からのレーザビームの径を制限し、ファイバ7に入射するレーザビームの集束角度を制限する。そして、第2アパーチャ5は、第1アパーチャ3と同様に、吸収が少なく耐熱性を有する透明材料に、例えば、ガラスに、レーザビームの径を制限するための開口半径R2の開口が設けられている。

【0021】

結合レンズ6は、第1アパーチャ3により集光径が制限され、且つ、第2アパーチャ5により集束角度が制限されるレーザビームを、ファイバ7の入射端面に結合する。  
ファイバ7は、結合レンズ6により結合されるレーザビームを対象装置に伝送する。

【0022】

次に、本発明の実施形態の動作について図面を参照して詳細に説明する。

【0023】

図2は、本発明の動作を説明するための図で、図3は、本発明による特性を示す図である。

【0024】

動作の説明を簡単にするため、図2に示されるように、第1リレーレンズ2と第2リレー

レンズ4と結合レンズ6との焦点の位置と、レーザビームが最小スポット半径を取る位置とを一致するように第1リレーレンズ2と第2リレーレンズ4と結合レンズ6とが配置され、そして、第1リレーレンズ2と第2リレーレンズ4と結合レンズ6との焦点の位置にレーザ発振器1と第1アパーチャ3と第2アパーチャ5とが配置されているとする。

【0025】

一般に、レンズ伝搬におけるレーザビームの最小スポット半径と最小スポット位置は、次式で表される。

【0026】

【数1】

$$d_0 = f + (d_1 - f) \cdot f^2 / \{ (d_1 - f)^2 + (w_1 / \theta_1)^2 \} \quad (\text{式1})$$

$$(1/w_0)^2 = (1/w_1^2) \cdot (1 - d_1/f)^2 + \{ 1/(f \cdot \theta_1) \}^2 \quad (\text{式2})$$

【0027】

ここで、 $f$ は、レンズの焦点距離で、 $w_0$ 、 $w_1$ は、レンズの前後での最小スポット半径で、 $d_0$ 、 $d_1$ は、レンズの前後での最小スポット位置で、 $\theta_1$ は、レンズの後方でのビーム拡がり角である。

【0028】

焦点の位置と最小スポット半径を取る位置とが一致するとき、すなわち、 $d_1 = f$ とするとき、式(1)と式(2)から、 $d_0 = f$ で、 $w_0 = f \cdot \theta_1$ であり、そして、ビーム積保存側により、レンズの前方でのビーム拡がり角 $\theta_0 = w_1 / f$ が得られる。これらの関係を使用して、図2に示されるファイバ結合光学システムの動作を説明する。ファイバの入射端面側から順を追って説明する。

【0029】

まず、レーザビームのファイバへの入射条件の一つは、ファイバ7への、レーザビームの集束角度が、ファイバ7のNA (Numerical Aperture) より小でなければならない。すなわち、ファイバ7のNAを $\delta$ とすると、レーザビームの集束角度 $\delta$ を満足する必要がある。

【0030】

結合レンズ6の、ファイバ7方向のビーム拡がり角 $\theta_{03}$ は、結合レンズ6の焦点距離 $f_3$ と、結合レンズ6の、ファイバ7と反対方向の焦点での最小スポット半径 $w_{13}$ と、結合レンズ6の、ファイバ7と反対方向のビーム拡がり角 $\theta_{13}$ とで、 $\theta_{03} = w_{13} / f_3$ と与えられる。ここで、 $w_{13}$ は、第2アパーチャ5が存在しないときの、結合レンズ6のみによる最小スポット半径であることに注意を要する。したがって、このとき、ファイバ7へのレーザビームの集束角度は、ビーム拡がり角 $\theta_{03}$ そのものである。

【0031】

ファイバ7へのレーザビームの集束角度 $\delta$ を満足させるため、結合レンズ6の、ファイバ7と反対方向の焦点の位置に、開口半径 $R_2$ の開口を有する第2アパーチャ5を配置する。このとき、ファイバ7へのレーザビームの集束角度は、 $R_2 / f_3$ で与えられる。 $(R_2 / f_3) < \delta$ を満足するような開口半径 $R_2$ の開口を有する第2アパーチャ5は、ビーム拡がり角 $\theta_{03}$ を制限して、レーザビームとファイバ7との結合損を小にすることができる。

【0032】

次に、レーザビームのファイバへの入射条件のもう一つは、ファイバ7への、レーザビームの集束半径が、ファイバ7のコア半径 $R_f$ より小でなければならない。

【0033】

焦点距離 $f_2$ を有する第2リレーレンズ4を考慮して、ファイバ7の入射端面での、レーザビームの最小スポット半径 $w_{03}$ は、 $w_{03} = f_3 \cdot \theta_{13} = f_3 \cdot w_{12} / f_2$ で与えられる。ここで、 $w_{12}$ は、第2アパーチャ5が存在しないときの、第2リレーレンズ

4あるいは第1リレーレンズ2の最小スポット半径であることに注意を要する。したがって、このとき、ファイバ7へのレーザビームの集光半径は、レーザビームの最小スポット半径 $w_{03}$ そのものである。

【0034】

ファイバ7へのレーザビームの集光半径 $<$ コア半径 $R_f$ を満足させるため、 $w_{03} <$ コア半径 $R_f$ でなければならない。そこで、第2リレーレンズ4の、ファイバ7と反対方向の焦点の位置に、開口半径 $R_1$ の開口を有する第1アパーチャ3を配置する。

【0035】

ファイバ7へのレーザビームの集光半径 $R_1 \cdot f_3 / f_2 <$ コア半径 $R_f$ を満足するような開口半径 $R_1$ の開口が、レーザビームとファイバ7との結合損を小にすることができる。

【0036】

以上に示す通り、本発明は、2個所に設けられたアパーチャが、ファイバの入射端面での集光半径と集束角度を一意的に制限するよう構成され、ファイバの入射条件を満足させ、レーザビームとファイバとの結合損を最小にしている。

【0037】

レーザ発振器1がYAGレーザ発振器等の固体レーザ発振器であるとき、ファイバ結合光学システムの、熱レンズ焦点距離によるビーム拡がり角と最小スポット半径との特性は、図3で示される。ここで、熱レンズ焦点距離は、レーザビームの励起強度によって発生する熱レンズ効果による焦点距離である。

【0038】

ビーム拡がり角が、ファイバ7の $NA = \delta$ 、すなわち、ビーム拡がり角の特性で点100、以下で、しかも、最小スポット半径が、ファイバ7のコア半径 $R_f$ 、すなわち、最小スポット半径の特性で点200、以下で、しかも、レーザ動作範囲以内の、領域は、ビーム拡がり角が点100から点101で、最小スポット半径が点200から点201の領域で、ファイバの入射条件を満足する満足領域である。

【0039】

ファイバ7の入射端面での集光半径 $R_1 \cdot f_3 / f_2$ とファイバ7の入射端面での収束角 $R_2 / f_3$ が、この満足領域内に入るように（ここでは、点111と点211）、第1アパーチャの開口半径 $R_1$ と第2アパーチャの開口半径 $R_2$ とを選ぶことにより、より結合損を小さくし、ファイバの発熱を抑制し、高信頼、高安定なファイバ結合光学システムを実現できる。

【0040】

また、本発明は、光学部品材質中の脈理や気泡、空気中の埃などによる散乱光の影響など、機器の安定性が損なわれる場合、あるいは、レンズ焦点距離精度とアパーチャの開口径の誤差、ファイバの製造誤差がある場合、ファイバ7の入射端面での集光半径 $R_1 \cdot f_3 / f_2$ とファイバ7の入射端面での収束角 $R_2 / f_3$ が、変動しても、満足領域内の範囲で誤差を吸収できるので、製造性が高く、しかも高信頼、高安定なファイバ結合光学システムを実現できる。

【0041】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明は、2個所に設けられたアパーチャが、ファイバの入射端面での集光半径と集束角度を一意的に制限するよう構成されているで、ファイバの入射条件を満足させ、レーザビームとファイバとの結合損を最小にできるという効果を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態によるファイバ結合光学システムの構成ブロック図である。

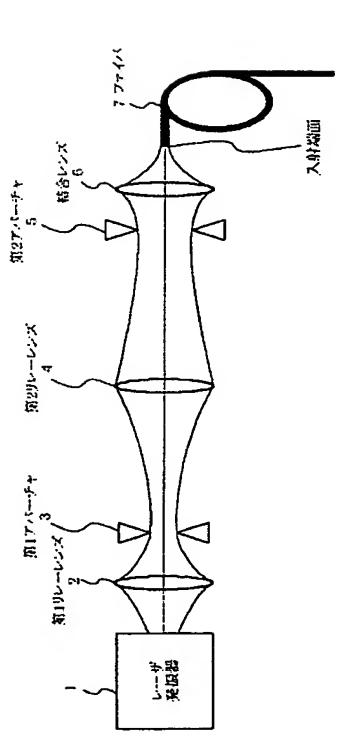
【図2】本発明の動作を説明するための図である。

【図3】本発明による特性を示す図である。

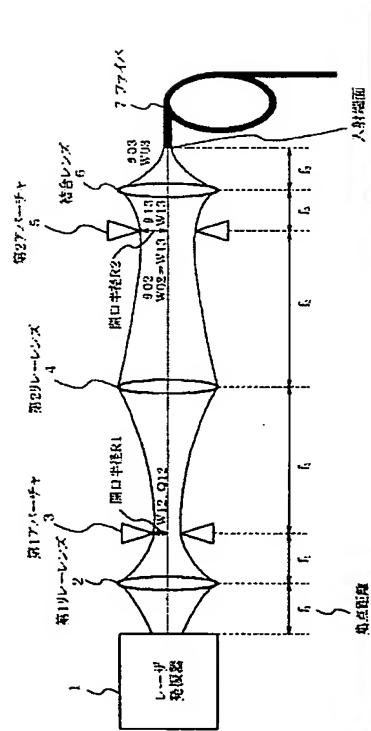
【符号の説明】

- 1、 レーザ発振器
- 2、 第1リレーレンズ
- 3、 第1アパーチャ
- 4、 第2リレーレンズ
- 5、 第2アパーチャ
- 6、 結合レンズ
- 7、 ファイバ

【図1】



【図2】





【図3】

